

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDER JUNIOR MONTEIRO DA SILVA

**COMPARATIVO ENTRE ESTABILIDADE, TENDÊNCIA E REPETITIVIDADE NO
PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE AUTO TANQUES EM BASES DE
ARMAZENAGEM DE COMBUSTÍVEIS: ESTUDO DE CASO.**

CURITIBA

2019

EDER JUNIOR MONTEIRO DA SILVA

**COMPARATIVO ENTRE ESTABILIDADE, TENDÊNCIA E REPETITIVIDADE NO
PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE AUTO TANQUES EM BASES DE
ARMAZENAGEM DE COMBUSTÍVEIS: ESTUDO DE CASO.**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização de Engenharia da Produção da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Mendes Marques

CURITIBA

2019

Comparativo entre Estabilidade, Tendência e Repetitividade no processo de descarregamento de auto tanques em bases de armazenagem de combustíveis: estudo de caso.

Eder Junior Monteiro da Silva

RESUMO

Hoje, as empresas estão em meio a vários processos de transformação tecnológica. Observa-se cada vez mais a necessidade da não interferência do homem nos processos de medição, e para que a qualidade dos dados coletados possam ter maior precisão, quanto menor for a influência do operador, melhor será a qualidade dos dados.

Neste sentido, o objetivo deste artigo será avaliar os resultados do método de descarregamento de auto tanques em duas bases de armazenagem de combustíveis, utilizando as ferramentas estatísticas da Análise do Sistema de Medição (MSA), como por exemplo, a estabilidade, a tendência e a repetitividade para verificar a confiabilidade das medições e resultados.

Realizado a aplicação do estudo, os resultados permitiram diagnosticar qual o melhor método para conferência do produto recebido a 20°C terá seu processo mais capaz. Assim, os resultados serviram de apoio para as empresas tomarem a decisão de melhorar seus processos ou realizarem a troca do modelo para conferir o produto recebido a 20°C.

Palavras chaves: Metrologia, MSA, Tendência, Repetitividade, Estabilidade, Operador.

ABSTRACT

Today, companies are in the midst of various processes of technological transformation. It is increasingly observed the need for human interference in

measurement processes, and for the quality of the data collected to be more accurate, the less the influence of the operator, the better the data quality.

In this sense, the objective of this article will be to evaluate the results of the method of unloading auto tanks in two fuel storage bases, using the statistical tools of the Measurement System Analysis (MSA), such as stability, trend and the repeatability to verify the reliability of measurements and results.

Once the study was carried out, the results allowed us to diagnose the best method for conferring the product received at 20°C. Thus, the results served as support for companies to make the decision to improve their processes or to exchange the model to check the product received at 20°C.

Keywords: Metrology, MSA, Trend, Repeatability, Stability, Operator.

1 INTRODUÇÃO

Quando partimos do pressuposto que não existe sistema de medição perfeito, que é impossível atingir a perfeição metrológica dos processos, a metrologia aponta para caminhos que possibilitem conviver e delimitar a ação dos erros e ainda obter informações confiáveis, para isso, devemos utilizar de métodos de análises e critérios de aceitação para assegurar que os dados extraídos estejam dentro de um limite de aceitação desejável para que o processo possa ser aceito.

Para SILVA NETO (2012, p. 112) as empresas buscam constantemente se desenvolver e crescer, mas para isso é necessário qualidade e confiabilidade do produto, fatores que dependem da análise e padronização do processo de medição. Já segundo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2012a) a cultura metrológica é considerada uma estratégia para que as empresas possam crescer, aumentando produtividade e a qualidade dos produtos, redução de custos e eliminação de desperdícios. Com isso, a utilização da Análise do Sistema de Medição (MSA) torna-se uma ferramenta importantíssima para garantir a qualidade dos dados produzidos na medição.

Mas o que é metrologia? Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia VIM (2012, p. 16), metrologia é a ciência da medição e suas aplicações. Em outras palavras, metrologia é a garantia que produtos e serviços obedeçam a exigências legais, técnicas e administrativas relativas à unidade de medida, métodos de medição, instrumentos de medição, sistemas de medição e medidas materializadas.

De acordo com AIAG (2010), o Sistema de Medição (SM) é um conjunto formado por instrumentos de medição, padrões, operações, métodos, dispositivos de fixação, *software*, pessoal, ambiente e premissas utilizadas para quantificar a unidade de medição ou corrigir a avaliação da característica que está sendo inspecionada. Trata-se do processo completo usado para obter as medições.

O SM utiliza-se de técnicas estatísticas voltadas para a metrologia como tendência, linearidade, repetitividade, reprodutibilidade e estabilidade do processo, o qual pode contribuir para melhoria dos processos de controle da operação do volume efetivamente recebido a 20°C no processo de descarregamento nas bases de armazenagem de combustíveis.

Já o conjunto de técnicas estatísticas aplicadas nos sistemas de medição recebem o nome de MSA, e é uma importante ferramenta de qualidade, que proporciona grandes saltos em termos de custos, produtividade e qualidade de produtos e processos, identificando componentes de variações nas avaliações de precisão dos instrumentos de medição utilizados nos sistemas de medição.

Para ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 337) mesmo sob condições mais severas, sistemas de medição tem de ser capazes de fornecer medições confiáveis ao longo do tempo, sem os quais não é possível garantir qualidade dos processos de produção. Mesmo que se tenham instabilidades ambientais, diferenças entre operadores, características do mensurando e outros aspectos da produção o sistema tem que ser controlado.

Os dados que serão analisados foram coletados em duas bases de armazenagem de combustíveis que utilizam o método manual de conferência do volume recebido a 20°C. Os produtos que compõem estes dados para análise são gasolina A, diesel A S10, diesel A S500, anidro e biodiesel.

No estudo percebe-se que a alteração de apenas uma etapa do processo na conferência será ponto determinante para maior confiabilidade dos resultados, quer dizer, a seleção do método de medição, tanto para investigação de produto e processo como para controle de produto na linha de produção, deve fazer parte da denominada garantia da qualidade preventiva da medição de acordo com BALDO (2003, p. 18).

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Nesta sessão será abordada a função de uma base de armazenagem de combustíveis, local onde foram extraídos os dados para a pesquisa. Destacar a importância do MSA no estudo utilizando algumas ferramentas do sistema de medição para ter resultados satisfatórios e bases concretas, a fim de afirmar qual melhor resultado, melhor sistema de medição de conferência ao receber um caminhão tanque nas bases. Entre essas ferramentas destacaremos a estabilidade, a tendência e a repetitividade.

Não se pode deixar de considerar nesse processo que os erros de medição, os fatores internos e externos e a influência do operador em um sistema de medição são fundamentais para seu sucesso.

2.1 BASES DE ARMAZENAGEM DE COMBUSTÍVEIS

As bases de armazenagem de combustíveis têm um papel estratégico para a capilaridade de revenda de produtos acabados. Para TIBES; MARINHO; ALBERTON; COSTA (2012, p. 4) as bases de distribuição de combustíveis são equivalentes a um centro de distribuição de bens de consumo – CD e podem receber combustíveis e óleos vegetais, com o intuito de minimizar os custos e diminuir a distância entre a produção e os centros consumidores.

Segundo informações obtidas através do site da Agência Nacional de Petróleo – ANP (2019), no Brasil existem 294 bases de armazenagem de combustíveis homologadas.

As bases de combustíveis armazenam vários produtos, entre eles biocombustíveis que chegam via modal rodoviário e são adicionados aos derivados de petróleo ajudando na redução da emissão de gás carbônico na atmosfera, como etanol anidro, etanol hidratado, biodiesel. Também armazenam produtos derivados de petróleo, gasolina A, óleo diesel A S10, óleo diesel A S500.

As bases de armazenagem também recebem derivados de petróleo por meio de interligação entre refinarias e bases via modal dutoviário. O processo de transferência de produtos derivados de petróleo via duto se dá principalmente entre a refinaria da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) detentora das principais refinarias do país e distribuidoras de combustíveis detentoras das bases de armazenagem.

Por motivos estratégicos e operacionais, já há alguns anos, o mercado brasileiro intensificou a importação de derivados de petróleo, e estes produtos são escoados dos portos brasileiros para as bases de combustíveis via modal rodoviário na sua grande maioria e em menor volume via modal ferroviário, fazendo-se necessário com que as bases intensifiquem seus controles e processos de medição, melhorando os níveis de qualidade das medições.

Armazenados os produtos derivados de petróleo e biocombustíveis, as bases com seus processos automatizados realizam a mistura dos mesmos observando suas devidas proporções conforme normativas da ANP: mistura de gasolina A e etanol anidro, transformando em gasolina C; mistura de óleo diesel A S10 e biodiesel, transformando em óleo diesel B S10; mistura de óleo diesel A S500 e biodiesel, transformando em óleo diesel B S500.

2.2 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO (MSA)

Os dados de medição têm sido utilizados em diversas áreas, e sua importância se faz presente de diversas maneiras. Os benefícios obtidos com a utilização de procedimentos baseados em dados são diretamente determinados pela qualidade dos dados de medição utilizados. Se a qualidade for baixa, o benefício do procedimento provavelmente será baixo. De maneira similar, se a qualidade for alta, o benefício deverá ser alto também.

As análises deste estudo serão conduzidas por metodologias do MSA que é uma metodologia estatística que permite estudar e analisar as condições de operação de um sistema de medição, analisar o seu comportamento e oferecer aumento da confiança e certeza dos dados obtidos de acordo com LIMA; FERREIRA; BARBOSA (2010, p. 74 – 79).

Segundo PEREIRA, 2009 apud QUARESMA; SANTOS; SILVEIRA (2018, p. 2), o MSA se torna obrigatório para as empresas que querem garantir a qualidade dos seus resultados.

O sistema de medição (SM) pode ser do tipo de variáveis ou atributos e replicáveis e não replicáveis. Segundo WERKEMA (2006) as propriedades estatísticas para o SM do tipo variáveis mais utilizadas para caracterizar a qualidade dos dados são tendências, linearidade, repetitividade, reprodutividade e estabilidade. A propriedade chamada tendência refere-se à localização dos dados com relação ao valor de referência. A linearidade é a diferença da tendência ao longo do tempo de operação esperada do equipamento de medição.

A repetitividade é a variabilidade do conjunto de medições, variação obtida por um único operador, utilizando o mesmo dispositivo de medição e método enquanto medindo uma mesma peça. Já reprodutibilidade é variabilidade dos dados quando se tem mais de um operador, a qual pode ser definida como a variação das médias realizadas por diferentes operadores, com o mesmo dispositivo de medição, medindo a mesma característica de uma única peça. A estabilidade avaliará a interação do sistema de medição com o meio ambiente, o desgaste dos componentes e o ajuste dos dispositivos e sensores.

2.2.1 TENDÊNCIA

Basicamente, a tendência é a diferença entre a média das medidas de uma grandeza e o valor de referência para a grandeza medida, realizadas por um avaliador com o mesmo equipamento e método sobre o mesmo mensurando MELO; PINHEIRO; BARBOSA (2016, p. 14).

Nessa perspectiva, a tendência é importante para verificar a exatidão do sistema de medição em uma determinada faixa de medição.

2.2.1.1 DIRETRIZES PARA O ESTUDO DE TENDÊNCIA

- 1- Selecionar um item cujo valor possa ser usado como referência; (Esse valor de referência deve estar em conformidade com um padrão rastreável e estar na faixa central de variação do processo);
- 2- Um avaliador, que deve estar treinado no sistema de medição que está sendo analisado, mede o item pelo menos 10 vezes ou mais;
- 3- Calcular a tendência do sistema de medição, conforme equação:

$$Td = \bar{I} - VVC \quad (1)$$

Onde: Td = tendência; \bar{I} = média de um número finito de indicações; VVC = valor verdadeiro convencional do mensurado.

- 4- Calcular %VE dada pela equação:

$$\% VE = \frac{u}{VT} * 100 \quad (2)$$

Onde: % VE = % de repetitividade; u = média de um número finito de indicações; VT = variabilidade total

Se a %VE for alta (geralmente se considera acima de 30%), considera-se o sistema de medição inadequado, e deve-se parar com a análise de tendência.

- 5- Utiliza-se como critério para análise da tendência um teste de hipótese ou um intervalo de confiança conforme indicado no item 4;

6- Calcular a estatística do teste:

$$t = \frac{\frac{Td}{u}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

2.2.2 REPETITIVIDADE

Dois termos muito utilizados no estudo da Metrologia são: a exatidão e a precisão. A exatidão de uma medição é o grau de concordância entre o resultado obtido pela medição e o verdadeiro valor do mensurando. Além disso, pode ser a aptidão de um instrumento para dar respostas próximas ao valor verdadeiro do mensurando. A exatidão está relacionada com os erros sistemáticos da medição e pode ser avaliada por meio da calibração do instrumento.

A palavra precisão no Vocabulário Internacional de Metrologia de 2012, foi substituída por repetitividade e diz respeito à aptidão de um instrumento de medição para fornecer indicações muito próximas quando se mede o mesmo mensurando sob as mesmas condições, pois a repetitividade tem relação com a qualidade do instrumento.

Deve-se observar ainda que repetitividade (de resultados de medições) é o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medição. Essas condições são denominadas condições de repetibilidade, que incluem o mesmo procedimento de medição; o mesmo observador; o mesmo instrumento de medição utilizado nas mesmas condições; o mesmo local; a repetição em curto período de tempo.

Assim, a repetitividade é a faixa de valores simétrica em torno do valor médio, dentro da qual o erro aleatório de um sistema de medição é esperado com certa probabilidade. É calculada pelo produto da incerteza-padrão pelo respectivo coeficiente t de Student, representada na equação:

$$Re = \pm t \cdot u \quad (4)$$

Onde: Re = repetitividade; t = coeficiente com n – 1 graus de liberdade; u = incerteza-padrão obtida a partir da amostra

A incerteza-padrão e a repetitividade são estimativas com os quais é possível, de alguma forma, quantificar a intensidade do erro aleatório de um sistema de medição. Tais informações são importantes, pois permitem uma expressão confiável para o resultado da medição.

2.2.3 ESTABILIDADE

É relevante citar a importância de verificar a estabilidade dos processos, já que processos instáveis provavelmente irão resultar em produtos defeituosos, perda de produção, baixa qualidade e de modo geral, perda da confiança do cliente para WERKEMA (1995, p. 118).

Estabilidade é a quantidade de variação total na tendência do sistema ao longo do tempo em uma dada peça ou peça padrão. Antes de se estudar qualquer propriedade estatística do sistema de medição, deve-se analisar a capacidade do sistema manter tais propriedades ao longo do tempo (estabilidade). O objetivo do estudo da estabilidade consiste em avaliar:

- 1- A interação do sistema de medição e o meio ambiente;
- 2- Desgaste de componentes;
- 3- Ajuste de dispositivos e sensores.

2.2.3.1 DIRETRIZES PARA O ESTUDO DA ESTABILIDADE DE UM SISTEMA REPLICÁVEL

Estabilidade do processo de medição é um aspecto muito importante, a chave para a previsibilidade do processo e sua avaliação se dá da seguinte forma:

- 1- Selecionar e identificar uma peça;
- 2- Formulário (folha de verificação) para coleta de dados;
- 3- Medir periodicamente a peça com pelo menos 3 a 5 medições por vez (subgrupo racional);
- 4- Após 20 ou mais subgrupos racionais, construir o gráfico.

Os gráficos de controle do processo oferecem a visualização das ocorrências do processo ao longo do tempo. Os gráficos incorporam essa natureza dinâmica e evidenciam quaisquer anormalidades que eventualmente se manifestam durante o ciclo produtivo de produtos ou serviços.

De acordo com POZZOBON (2001, p. 40):

Quando se quer analisar um aspecto quantitativo da qualidade, em geral se controla o valor médio e a variabilidade por meio de gráficos separados. O gráfico X-barra é utilizado para o controle do valor médio do desempenho do processo. O gráfico do desvio padrão (gráfico S) ou o mais comum que é denominado de amplitude (gráfico R) são utilizados para o controle da variabilidade do processo. (POZZOBON, 2001, p. 40)

Como identificar a falta de estabilidade de um sistema de medição? A resposta é a mesma que se utiliza para gráficos de controle para variáveis.

- 1- Pontos fora dos limites de controle;
- 2- Sete ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- 3- Sete ou mais pontos consecutivos acima ou abaixo da linha média;

Para Siqueira (1997, p. 5), os gráficos de controle por variáveis têm a finalidade de informar a respeito de melhoria da qualidade, de capacidade do processo, para tomadas de decisões relativas à especificação do produto, para tomadas de decisões sobre o processo de produção e para tomadas de decisões sobre peças recém-produzidas.

2.3 ERROS DE MEDIÇÃO

Erro de medição resulta da diferença entre o valor indicado por um sistema de medição e o valor verdadeiro do mensurando segundo ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 70). Já as fontes de erros são qualquer fator que agindo sobre o processo de medição origina erros. Tal fonte de erros pode ter origem interna ou externa ao sistema, decorrente da interação entre o sistema de medição e o mensurando ou entre o sistema de medição e o operador.

Já, imperfeições de um sistema de medição são as causadoras mais evidentes dos erros de medição, onde fatores internos ao sistema podem dar origem a erros sistemáticos e/ou aleatórios em menor ou maior grau. Além dos fatores internos ao sistema, existem outros fatores independentes do sistema de medição em si. Pode-se citar como exemplo desses outros fatores:

- 1- O operador;
- 2- A forma como o mensurando é definido;
- 3- As condições ambientais do local e o momento em que a medição é realizada;
- 4- A metodologia empregada para se realizar a medição, entre outros.

2.3.1 FATORES EXTERNOS AO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Segundo ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 73) o ambiente no qual um sistema de medição está inserido pode influenciar diretamente no seu comportamento. Algumas fontes de erros ocasionadas por fatores externos ao sistema de medição mecânicos são presença de vibrações mecânicas, variações na temperatura, fortes campos magnéticos, flutuação da tensão, umidade do ar e pressão atmosférica.

Uma forma de minimizar os erros de medição, ocasionados por esses fatores externos, é mantendo, no local onde se efetuam as medições, as condições ambientais que possuem maiores influências sobre o processo de medição estáveis

e controladas. A temperatura é o fator ambiental que mais tem influência sobre os sistemas mecânicos que medem comprimentos.

2.3.2 FATORES INTERNOS AO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Não existe sistema de medição perfeito, pois limitações tecnológicas e econômicas levam à construção de sistemas de medições não ideais para ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 71). Quando manufatura um sistema de medição, há imperfeições nas que compõem o mesmo, nas conexões, nos circuitos e demais módulos.

O próprio princípio físico de operação do sistema de medição pode dar origem a erros de medição segundo ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 71).

Em sistemas mecânicos podem-se citar como fonte geradora de erros internos, os próprios erros de geometria nas partes e mecanismos que compõem o sistema de medição, o desgaste das peças, o comportamento não perfeitamente elástico de determinados componentes (mola) entre outros.

Nos sistemas de medição elétricos, as conexões e propriedades dos componentes eletrônicos, assim como o desempenho dos circuitos são exemplos de fontes de erros internos.

2.3.2.1 INFLUÊNCIA DO OPERADOR NA MEDIÇÃO

Erros de medição podem acontecer em um sistema de medição, seja em maior ou em menor grau, em sistemas manuais ou em sistemas automáticos. Quando um sistema de medição é automático a tendência é que os erros sejam menores, em um sistema manual a tendência é que os erros de medição sejam maiores interferindo nos resultado da medição. Um fator determinante para que os erros de medição acontecem, diz respeito a interferência do operador.

Para ALBERTAZZI; DE SOUSA (2008, p. 76):

Muitos sistemas de medição são projetados de forma que se minimize a influência do operador no processo de medição, tais como sistemas eletrônicos digitais. Outros instrumentos de medição são muito mais sensíveis às qualidades do operador, principalmente os instrumentos que dependem de interpolações de suas escalas para obter a indicação, tal qual o paquímetro e outros instrumentos de indicação analógica (ALBERTAZZI; DE SOUSA, 2008, p. 76).

A habilidade do operador apresentara uma influência significativa no resultado final da medida, podendo representar uma grande fonte de erro. Este erro pode decorrer de deficiências no treinamento do observador para realização do ensaio e da sua bagagem individual que leva a interpretações diferenciadas para LETA; MENDES; DE MELLO (2014, p. 17).

3 METODOLOGIA

Nesta seção abordam-se os aspectos metodológicos da pesquisa bem com o seu processo de obtenção de dados. Os dados foram extraídos de bases históricas, de períodos iguais pré-determinados para as duas bases. Houve dificuldades em obter mais resultados da base B, uma vez que são informações sigilosas e definidas em contratos com as empresas que operam na base.

O estudo será conduzido por análise exploratória e quantitativa observando as diferenças entre o volume efetivamente faturado a 20°C, a temperatura de referência para calibração carregado em auto tanques seja em usinas, portos, refinarias para as bases de armazenagem e o volume efetivamente recebido a 20°C nas bases de armazenagem.

Pressupõem-se que os dados reproduzam a correta diferença entre o volume faturado a 20°C e o volume recebido a 20°C na base de armazenagem mesmo que, influenciados por fatores internos e externos possam ter alterados, mas não pode se afirmar.

3.1 MODELO DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

Para o modelo de estudo proposto analisaram-se dados de duas bases de armazenagem de combustíveis localizadas no estado do Paraná. Na base A foram coletadas duas mil amostras entre os dias 01 de agosto de 2017 a 14 de março de 2019. O trabalho foi baseado em analisar as diferenças entre o volume faturado informado na nota fiscal e o volume efetivamente apurado na base A para os produtos gasolina A, diesel A S500, diesel A S10, biodiesel e etanol anidro.

A indicação do mensurando se dá da seguinte maneira:

- 1- O auto tanque chega à base de armazenagem e estacionado em local totalmente plano, convenientemente chamada de baia de descarregamento. Este local é de concreto usinado e totalmente nivelado;
- 2- Operador sobe no auto tanque e confere se o produto está na seta. A seta é a referência de capacidade do veículo homologada pelo (INMETRO);
- 3- Se o produto estiver acima da seta, retira-se o excesso para ficar no nível de referência, a seta. Se o produto estiver abaixo da seta, completa-se até o nível de referência, a seta. Para completar ou retirar o volume da seta de referência é utilizado uma bomba industrial;
- 4- O operador extrai a temperatura do produto no auto tanque, mas para isso o termômetro deve ficar mergulhado dentro do auto tanque por pelo menos 5 minutos até se estabilizar (temperatura do produto no compartimento do auto tanque);
- 5- O operador coleta com o saca amostra um litro do produto a ser descarregado e leva para laboratório;
- 6- No laboratório da base é verificada a densidade do produto e temperatura da amostra;
- 7- O setor administrativo com as informações de volume faturado da nota fiscal de compra, volume ambiente das setas do caminhão, volume completado ou retirado até a seta, temperatura (tanque e laboratório) e densidade do produto, insere em sistema os valores para realizar o cálculo do volume recebido a 20°C.

Na base B foram coletadas setecentos e vinte e cinco amostras, também entre 01 de agosto de 2017 à 14 de março de 2019. Os produtos analisados foram os mesmos da base A: gasolina A, diesel A S500, diesel A S10, biodiesel e etanol anidro. A indicação do mensurando se dá da seguinte maneira:

- 1- O auto tanque ao chegar à base é estacionado sobre uma balança aferida pelo INMETRO e após estacionar sobre a balança realiza-se a pesagem inicial;
- 2- Após a pesagem, o auto tanque é levado para baia de descarregamento;
- 3- O operador coleta temperatura do produto no auto tanque, mas para isso o termômetro deve ficar mergulhado dentro do auto tanque por pelo menos 5 minutos até se estabilizar (temperatura do produto no compartimento do auto tanque);
- 4- O operador coleta com um saca amostra um litro do produto a ser descarregado e leva para laboratório;
- 5- No laboratório da base é verificada a densidade do produto e temperatura da amostra;
- 6- Realizado o descarregamento o caminhão passa novamente por uma pesagem;
- 7- Administrativo com as informações de volume faturado da nota fiscal de compra, peso do veículo (entra e saída), temperatura e densidade do produto, inseri em sistema os valores para realizar o cálculo do volume recebido a 20°C.

Percebe-se, os dois métodos são praticamente manuais, que a influencia do operador é fator determinante para erros, incertezas do sistema de medição. Observe apenas que a pesagem do veículo é realizada por uma balança, equipamento automático, será um fator fundamental para que os resultados a seguir sejam mais confiáveis do que o processo onde não possui balança.

Um sistema de medição manual é feita a partir do conhecimento e da habilidade do operador. Nesse caso, é preciso que o profissional tenha senso de responsabilidade, paciência, cuidado com os instrumentos, sensibilidade, domínio sobre os instrumentos, etc. Os erros de medição manual podem acontecer das mais diversas maneiras, desde erro na coleta de temperatura e densidade do

mensurando na área de descarregamento, até a visualização do nível do produto na seta de referência para processo de completa ou retira.

O sistema de medição automático é feito por máquinas ou instrumentos sem a intervenção direta do executor. Pode-se citar como exemplo desse tipo de medição a leitura de um manômetro instalado numa tubulação de vapor ou a medição das dimensões de uma peça em máquina universal de medir, que usa sensores eletrônicos para determinar as dimensões do item.

3.1.1 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA

A FIGURA 1 indica o fluxograma da análise do trabalho, seguindo desde a obtenção de dados até a conclusão dos resultados.

FIGURA 1: FLUXOGRAMA DA BASE A



FONTE: O autor (2019).

Já a FIGURA 2 representa o fluxograma da base desde a obtenção de dados até a conclusão dos resultados.

FIGURA 2: FLUXOGRAMA DA BASE B



FONTE: O autor (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sequência dos resultados e discussões seguirão a sequência: 1) Teste de hipótese pareado; 2) Estabilidade; 3) Tendência; 4) Repetitividade.

4.1 TESTES DE HIPÓTESE PARA A DIFERENÇA DE MEDIAS (DADOS EMPARELHADOS)

As hipóteses testadas para o teste de hipótese para diferença de medias, quando os dados são emparelhados, são dadas por (5) e (6).

$$H_0 = \mu_{vol20^{\circ}Cnf} - \mu_{volumeecontrado20^{\circ}C} = 0 \text{ (não existe diferença)} \quad (5)$$

ou

$$H_1 = \mu_{vol20^{\circ}Cnf} - \mu_{volumeecontrado20^{\circ}C} \neq 0 \text{ (existe diferença)} \quad (6)$$

Testou-se as duas hipóteses no software Minitab 17 no intuito de verificar se existe diferença estatisticamente significativa entre a quantidade de combustível na NF e a efetivamente medida. Os resultados dos p-valores obtidos estão na TABELA 1:

TABELA 1: TESTE DE HIPÓTESE PARA A DIFERENÇA DE MEDIAS PAREADO

Produto	Base A (Operação Manual)	Base B (Operação Manual com Balança)
Todos os produtos	0,9780	0,9850
Biodiesel	0,6450	0,9760
Anidro	0,9810	0,9470
Gasolina A	0,8180	0,9890
Óleo Diesel A S10	0,8740	0,9350
Óleo Diesel A S500	0,7590	0,9710

FONTE: O autor (2019).

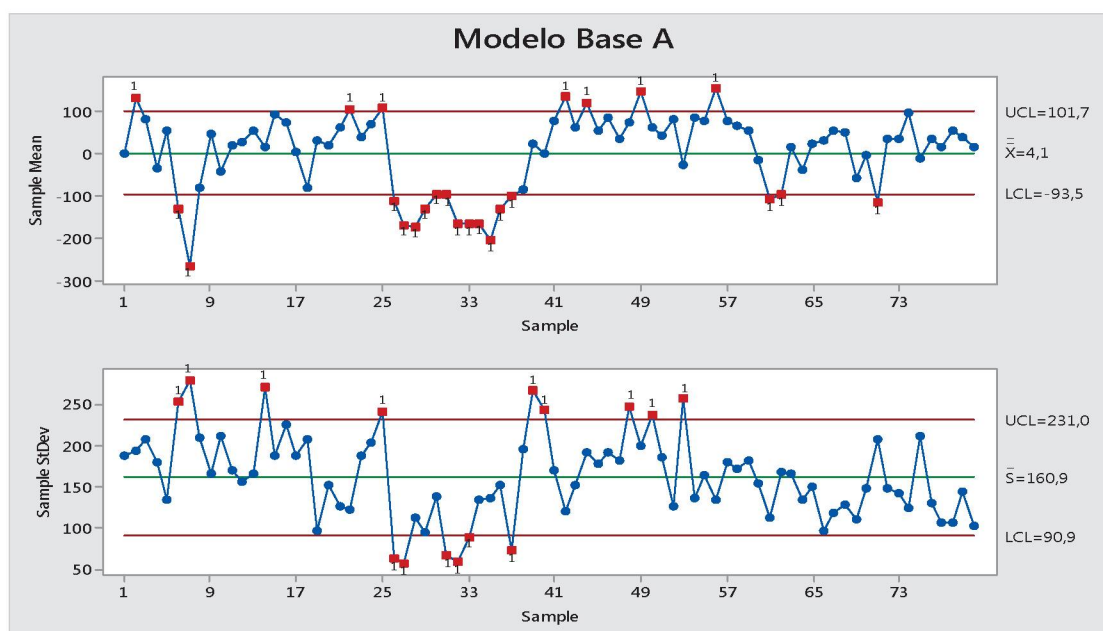
Como o p-valor de todos os testes realizados são maiores do que 5% (nível de significância) aceita-se a hipótese H_0 , ou seja, não existe diferença significativa

entre a quantidade de combustível faturado na NF e o medido, e por este motivo, toda a análise de estabilidade, tendência e repetitividade se dá nos dados referentes à diferença entre o valor da NF e o efetivamente entregue, sendo o valor de referência VVC (Verdadeiro Valor de Referência) igual a zero. Ou seja, em um sistema de medição perfeito, o valor da indicação deve ser igual ao mensurando (valor da NF).

4.2 TESTE DE ESTABILIDADE

Seguindo com os testes, a próxima etapa será realizar a plotagem do gráfico de controle com os dados da base A para verificar a estabilidade do sistema de medição. O teste de estabilidade do sistema de medição foi realizado com duas mil amostras, por meio dos gráficos de controle \bar{X} e S , divididas em oitenta subgrupos com vinte e cinco amostras para cada subgrupo (GRÁFICO 1):

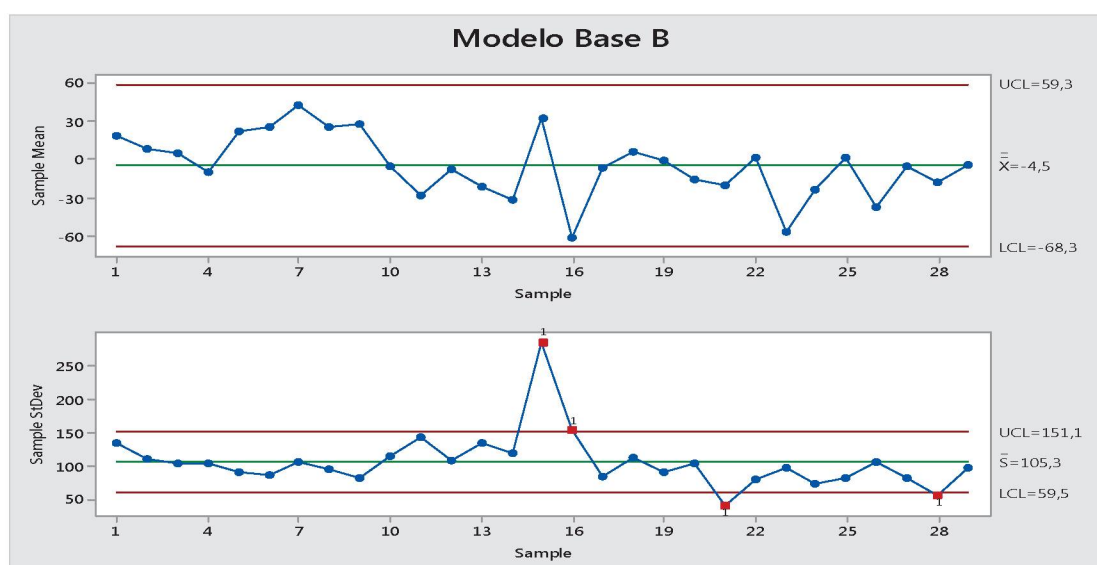
GRÁFICO 1 - X-BARRA S BASE A



FONTE: O autor (2019).

O levantamento de dados realizado na base B para o teste de estabilidade foi realizado com setecentos e vinte e cinco amostras, também por meio dos gráficos de controle \bar{X} e S , divididas em vinte e nove subgrupos com vinte e cinco amostras cada subgrupo (GRAFICO 2):

GRÁFICO 2 - X-BARRA S BASE B



FONTE: O autor (2019)

A importância dos gráficos de controle, além da percepção visual dos resultados, mostra de forma transparente, que os processos tanto da base A quanto da base B estão fora de controle. Se fossemos seguir o estudo de MSA, o processo seria finalizado aqui, visto que, o sistema possui vários pontos fora dos limites superiores e inferiores de controle.

A estabilidade do processo ao observar os gráficos de controle, o que mais chamou a atenção foi a base A. Ao realizar a conferência do volume recebido, o processo de verificação do volume na seta de referência, completa ou retira na seta é totalmente manual, com influência do ambiente externo, principalmente com a interferência do operador. O operador observa dentro do tanque do caminhão a necessidade de completar ou retirar produto para chegar na seta de referência. O operador pode em um dia achar que a referência é para cima da seta, outro dia para

baixo da seta, ou em outro dia no meio da seta. O princípio básico para analisar a estabilidade de um processo é que o operador siga um procedimento padrão, tenha conhecimento de qual é a referência correta para não cometer erros. Os parâmetros de estabilidade na base A não possuem a capacidade de manter suas características estatísticas ao longo do tempo, quer dizer, o sistema não é capaz de se manter dentro dos limites de tolerância.

Já na base B, observa-se que o sistema se comportou com mais estabilidade, e as suas variações se mantiveram praticamente dentro dos limites superiores e inferiores de controle. Observaram-se poucos pontos fora dos limites do desvio padrão, e a tendência da média se manteve dentro dos limites permitidos. Não observamos uma tendência para descarte do processo na base B. Para correção dos pontos fora de controle um estudo de causa e efeito pode ajudar a mitigar os pontos fora dos limites. Então o que faz o processo da base B ser melhor que da base A, sabendo que os dois modelos foram considerados como manual? A balança faz diferença no trabalho, enquanto na base A o processo mais importante para o descarregamento do produto é o momento completa ou retira, sofrendo influencia direta do operador, na base B, uma única etapa do processo retirou a interferência do operador, o caminhão chega na base de armazenagem, entra na balança para pesar, realiza a pesagem, sai da balança para local de descarregamento, o operador apenas coleta a amostra do produto para verificar a densidade e qualidade do produto, afere a temperatura do produto, realiza a descarga e volta para balança pesar.

Do ponto de vista do MSA, como supracitado, o sistema de medição nem deveria ir para o próximo estágio de análise, que é a análise de tendência e repetitividade. No entanto, como o objetivo do trabalho é efetuar uma comparação entre os dois sistemas, continuou-se com as análises.

4.3 TESTE DE TENDÊNCIA

Para análise da tendência, aceitando a equação onde volume faturado a 20°C menos volume encontrado a 20° para o sistema ser capaz, o mesmo deveria ser

zero, então para a tendência, quanto mais próximo de zero melhor. A TABELA 2 mostra o resultado das análises.

TABELA 2: TESTE DE TENDÊNCIA

Produto	Base A (Operação Manual)	Base B (Operação Manual com Balança)
Todos os produtos	4,09	-4,82
Biodiesel	113,30	50,18
Anidro	-16,02	33,69
Gasolina A	89,50	-5,26
Óleo Diesel A S10	-18,85	-36,99
Óleo Diesel A S500	-77,20	-18,59

FONTE: O autor (2019).

4.4 TESTE DE REPETITIVIDADE

Ao analisar os dados da TABELA 3, sabendo-se que quanto menor for o resultado da repetitividade, melhor o resultado em relação à precisão, observa-se que a precisão do sistema de medição da base B é significativamente melhor que da base A.

TABELA 3: TESTE DE REPETITIVIDADE

Produto	Base A (Operação Manual)	Base B (Operação Manual com Balança)
Todos os produtos	371,14	223,21
Biodiesel	381,71	117,25
Anidro	337,86	93,46
Gasolina A	374,45	245,87
Óleo Diesel A S10	344,08	186,43
Óleo Diesel A S500	381,12	254,45

FONTE: O autor (2019).

Observa-se ainda na TABELA 3 que a base B tem uma melhor precisão em relação o valor de referência zero do que da base A, o que demonstra uma boa

repetitividade. Nesse caso, a base B apresenta um erro sistemático e aleatório mais baixo.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas análises são úteis para comparação entre sistemas nas condições de uso, para investigação de um sistema de medição sob suspeita de problema, para comparar o desempenho do mesmo sistema de medição antes e depois de uma ajustagem ou regulagem, para avaliar os potenciais riscos de erros de classificação de peças do sistema de medição e por fim, como critério de aceitação de novos sistemas de medição.

Nestes termos, o processo de conferência de produtos recebidos na base B encontra-se mais estável que o processo de conferência na base A, onde é observada maior estabilidade do processo. Além disso, na base B, a repetitividade e a tendência de acordo com as condições propostas estão mais próximas do objetivo que na base A. As variações existentes, aquelas causas comuns, ocorridas inevitavelmente e de forma aleatória, pois fazem parte intrínseca do processo, estão mais próximas do controle estatístico e produzem valores mais próximos das tolerâncias desejadas.

Por fim, o objetivo estudo foi realizar uma comparação entre processos de medição do mensurando nas duas bases, e não mostrar qual processo é melhor ou pior, conforme os resultados por meio da pesquisa exploratória, quantitativa, demonstrou que o processo da base B mostrou-se ser mais capaz, de acordo com o estudado, tornando assim mais assertiva à tomada de decisão para uma eventual troca de modelo de conferência do produto recebido na base de combustível ou a melhoria do processo de medição.

REFERÊNCIAS

http://www1.ipq.pt/pt/metrologia/documents/vim_ipq_inmetro_2012.pdf. Acesso em: 17 de maio 2019.

<https://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/simp/consulta-basedistribuiacao/consulta.xhtml>. Acesso em: 16 de maio 2019.

PORTAL ACTION. **Ambiente de aprendizado. Análise dos Sistemas de Medição.** <http://www.portalaction.com.br/análise-dos-sistemas-de-medicao/11-sistema-de-medicao>. 17 de maio 2019.

ALBERTAZZI, Armando; DE SOUZA, André R.. **Fundamentos de metrologia científica e industrial.** Barueri: Manole, 2008.

BALDO, Crhistian Raffael. **A interação entre o controle de processos e a metrologia em indústrias de manufatura.** Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Metrologia. Florianopolis, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLGIA (INMETRO). **Sistema Internacional de Unidades: SI.** - Duque de Caxias, Rio de Janeiro: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012a. 94 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLGIA (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados.** 1ª edição luso-brasileira, autorizada pelo BIPM, da 3ª edição internacional do VIM – International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012.

LETA, F. R.; MENDES, V. B.; DE MELLO, J. C. S.; Medição de identações de dureza com algoritmos de visão computacional e técnicas de decisão com incertezas. **ENGEVITA**, v. 6, n. 2, p. 15-35, agosto, 2014.

LIMA, J. T.; FERREIRA, T. F.; BARBOSA L. **Measurement Systems Analysis (MSA):** garantindo a consistência dos controles nos processos de fabricação. Revista Banas Qualidade, São Paulo, 2010.

MELO, J. C. S.; PINHEIRO, B. C. A.; BARBOSA, E. C.; O parâmetro R & R e suas formas de obtenção: uma revisão de literatura. **Sigmae**, Alfenas, v. 5, n. 1, p. 12-26, 2016.

PEREIRA, R. *Qualidade Automotiva.:MSA - Análise do Sistema de Medição.* 2009. Disponível em: <[Http://qualidadeautomotiva.blogspot.com.br/2009/06/msa.html](http://qualidadeautomotiva.blogspot.com.br/2009/06/msa.html)>. Acesso em: 10 set. 2017, apud QUARESMA, RONI GOMES; DOS SANTOS, DEIBE VALGAS; SILVEIRA, MICHELI LISBOA. **Análise do Sistema de medição:** Aplicação do método MSA em uma empresa do setor automobilístico. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 05 a 07 de dezembro de 2018.

POZZOBON, Estela Mari Piveta. **Aplicação do controle estatístico do processo**. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação do Curso de Engenharia de Produção. Santa Maria, 2001.

SILVA NETO, J. C. **Metrologia e controle dimensional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SIQUEIRA, Luiz G. P. **Controle estatístico do processo**. São Paulo: Pioneira – Equipe GRIFO, 1997.

TIBES, C. A.; MARINHO, S. V.; ALBERTON, A.; COSTA, M. L.; **Avaliação do processo de distribuição física nas bases secundárias de combustíveis em Santa Catarina sob o enfoque da gestão ambiental**. Trabalho apresentado no XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bento Gonçalves, RS, 15 a 18 de outubro de 2012.

WERKEMA, Maria C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia, v. 2, 1995.

WERKEMA, M. C. C. **Avaliação de Sistemas de Medição**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.